Aula 10

OS CICLOS BIOGIOQUIMICOS E ALTERAÇÕES

META

Apresentar o ciclo de nutrientes nos processos ecológicos e introduzir o ciclo do nitrogênio; os ciclos do fósforo, enxofre e do carbono.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
reconhecer a importância dos macro e micronutrientes para o organismo;
distinguir os principais compartimentos dos ciclos do Nitrogênio, Fósforo, Enxofre e do Carbono;
e relacionar alteração do ciclo do cabono ao efeito estufa.

PRÉ-REQUISITOS

O aluno deverá de noções acerca de ecologia trófica: cadeias alimentares.

Aquário (Fonte: http://: venhaespreitaronossojardim.blog.com).

INTRODUÇÃO

Olá, caro aluno. Hoje daremos continuidade ao conhecimento sobre a estrutura dos compartimentos e a dinâmica dos nutrientes nos ciclos biogeoquímicos. Nesta aula, veremos com mais atenção alguns aspectos de fundamental importância, como as entradas forçadas de nutrientes nos ecossistemas. As fontes destas entradas anômalas de elementos químicos – atividades industriais e agrícolas – acarretam sobrecarga nos compartimentos e alteram os padrões de ciclagem. As conseqüências se manifestam nos sistemas ecológicos como um todo, causando distúrbios nas relações entre os componentes bióticos e abióticos que podem ser irreversíveis.

Atividade agricola (Fonte: http:// www.baixaki.ig.com.br).

CICLO DE NUTRIENTES

Os nutrientes das plantas (elementos e compostos orgânicos) são classificados pelos fisiologistas vegetais em macro e micro nutrientes, de acordo com as quantidades requeridas pelas plantas. Como exemplo, veja na Tabela 1.1 os elementos químicos requeridos pelo trigo.

Tabela 1.1 Percentagem de concentração de peso seco de elementos essenciais para o trigo (Barbour, et al. 1987).

Carbono	45%	Enxofre	0.1%
Oxigênio	45	Cloro	0.01
Hidrogênio	6	Ferro	0.01
Nitrogênio	1.5	Manganês	0.005
Potássio	1.0	Boro	0.002
Calcio	0.5	Zinco	0.002
Magnésio	0.2	Cobre	0.0001
Fósforo	0.2	Molibdénio	0.0001

O estado nutricional de uma planta, de acordo com a disponibilidade de nutrientes, pode ser definida como deficiente, adequada ou excessiva. A deficiência pode ser de apenas um ou mais elementos essenciais e pode provocar sintomas na vegetação. Estes sintomas são típicos para cada espécie e para cada elemento ou conjunto de elementos faltantes. Quando a concentração de nutrientes excede os limites de tolerância, mesmo os elementos essenciais podem tornar-se tóxicos, por isso o ideal é ter os nutrientes requeridos em quantidades adequadas.

Os elementos circulam dentro do sistema e mantêm relações de troca com outros sistemas, formando a chamada circulação intra-sistema e intersistema (Figura 1.1). Em ambos os casos, os elementos podem estar na fase orgânica ou mineral. Daí a denominação de ciclo biogeoquímico à circulação geral de elementos pelo sistema, o seu retorno à fase mineral e a sua absorção novamente para o sistema.

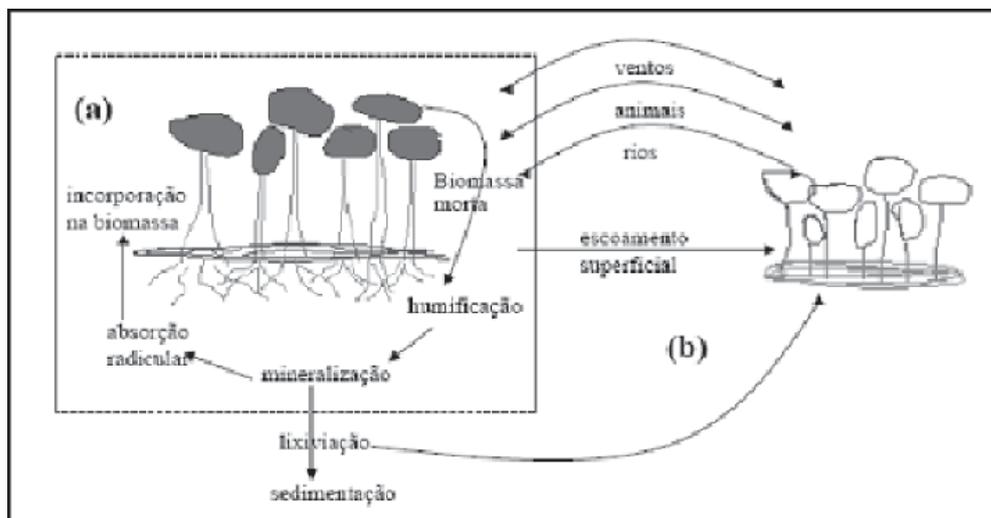



Figura 1.1 Circulação de nutrientes: (a) intra-sistema; (b) intersistemas.

A circulação dos elementos ocorre por duas vias: (a) aqueles que apresentam uma grande fase gasosa estão incluídos no ciclo gasoso, que é regional e intersistemas; (b) aqueles que não tem fase gasosa e completam o ciclo nos sedimentos. Estes últimos são, normalmente, de circulação intra-

sistema. O ciclo destes elementos é mais lento que os gasosos, a circulação entre sistemas é insignificante e pode realizar-se por meio de animais ou remanejo de sedimentos à superfície.

Um desequilíbrio (dentro de um sistema) nos elementos de ciclo gasoso é facilmente compensado por outros sistemas próximos, enquanto que o desequilíbrio de um elemento de ciclo sedimentar pode ser fatal para o sistema, pois a sua mobilização é lenta. Alguns elementos, como o enxofre, podem participar de ciclos gasosos e sedimentares, porém este deve ser incluído dentro da fase em que se apresenta disponível para a planta.

O CICLO DO NITROGÊNIO

O ciclo do nitrogênio é exemplo de um ciclo gasoso muito complexo e bem-tamponado. O ciclo do fósforo é exemplo de um tipo sedimentar mais simples e menos regulado. O ciclo do enxofre é um bom exemplo para ilustrar as ligações entre o ar, a água e a crosta terrestre, pois existe uma ciclagem ativa dentro e entre os pools. Tanto o ciclo do nitrogênio quanto o do enxofre ilustram o papel fundamental desempenhado pelos microrganismos, bem como as complicações causadas pela poluição atmosférica.

A Figura 1.2 mostra três maneiras diferentes para ilustrar a complexidade do ciclo do nitrogênio.

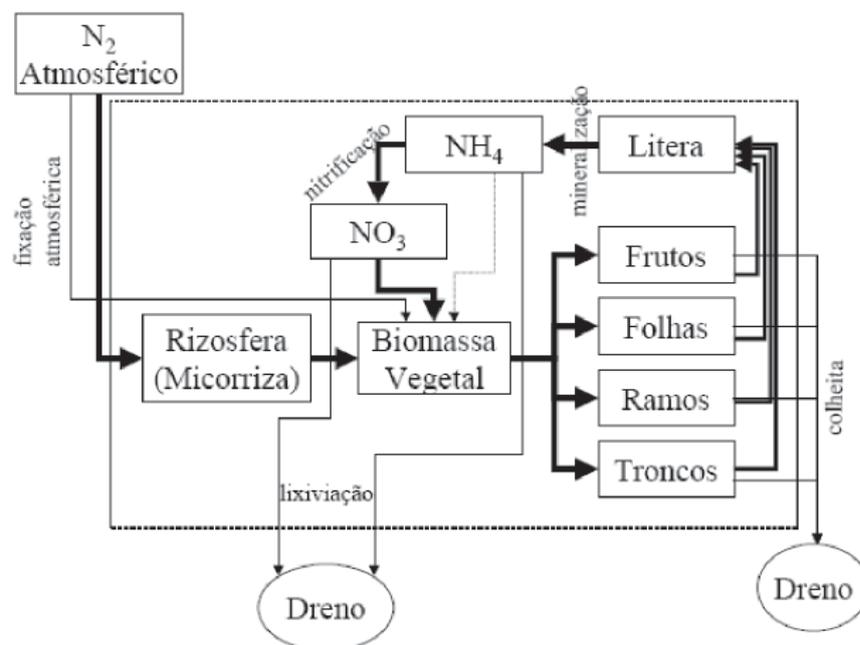



Figura 1.2. Ciclo de nitrogênio: exemplo de um elemento com fase gasosa.

Há dois processos biológicos que disponibilizam o nitrogênio para os vegetais. O primeiro é a fixação biológica direta realizada pelas algas cianofíceas do gênero Anabaena e Nostoc (no ambiente aquático); por bactérias de vida livre no solo - como a Azobacter e a Clostridium -; por bactéria-púrpura fotossintetizante do gênero Rhodospirillum e por bactérias simbiontes (Rhizobium) que vivem nos nódulos das raízes de leguminosas. Esses organismos produzem amônia, a partir do nitrogênio atmosférico (N2). Dentro dos vegetais, a amônia é diretamente utilizada nos processos bioquímicos celulares.

O outro processo é a nitrificação realizado pelas bactérias quimiossintetizantes do solo que transformam a amônia em nitratos em duas etapas. Estas etapas são:

1. Nitrosação: realizada por bactérias Nitrosomonas que produzem nitritos a partir da amônia. Como os nitritos são muito tóxicos para as plantas, este não pode ser acumulado no solo. Para que isso não ocorra é importante que a segunda etapa seja eficiente, a nitração.

2. Nitratação: realizada por bactérias Nitrobacter, transformam nitritos em nitratos. Este é então absorvido pelas raízes das plantas e depois transformado em amônia, para poder ser usado nas células.

Figura 1.3. Ciclo do Nitrogênio.

As fontes de amônia, importante para esse processo, são: os adubos nitrogenados, relâmpagos atmosféricos (o aquecimento do ar produz a reação do N2 com a H2), excretas de animais e decomposição da matéria orgânica. Parte do nitrato, nos solos e nos mares, é "perdida" de volta para a atmosfera, transformada em N2, devido a ação de bactérias desnitrificantes (como algumas Pseudomonas) que fecham o ciclo do nitrogênio. Essas bactérias, encontradas em ambientes pobres em oxigênio, como os pântanos, realizam a reação de desnitrificação como uma forma de respiração anaeróbica (sem oxigênio).

Há uma parcela de nitrogênio que escapa do ciclo. Isto acontece quando sais de nitrato depositam-se no fundo dos mares, formando novas camadas de sedimentos. Essa perda é compensada pelas erupções vulcânicas que liberam N2 e amônia.

NITROGÊNIO E AGRICULTURA

O nitrogênio é um nutriente escasso na maioria dos solos agrícolas, sendo cara a sua adição por adubação química corretiva. A indústria que produz nitrogênio é uma séria fonte de poluição. Até os anos 1950, acredi-

tava-se que a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico estava limitada às bactérias de vida livre (Azotobacter e Clostridium), às bactérias simbiônticas dos nódulos de leguminosas (Rhizobium) e as chamadas algas cianofíceas ou cianobactérias (por exemplo Anabaen e Nostoc). Sabe-se, atualmente, que uma grande variedade de outros organismos, como as bactérias de solo e fungos primitivos são também responsáveis pelo processo de fixação do nitrogênio atmosférico.

PERTURBAÇÕES DO CICLO DO NITROGÊNIO

A fase atmosférica é predominante no ciclo do nitrogênio. Nesta fase ocorre a fixação e desnitrificação do nitrogênio. As atividades humanas interferem muito no ciclo do nitrogênio. Os desmatamentos e a abertura de clareiras em geral levam a um aumento no fluxo de nitrato nos cursos d'água. Além disso, uma atividade de grande importância para a agricultura, mas altamente impactante, é a produção de fertilizantes nitrogenados (mais de 50 x 106 toneladas por ano!). Grande parte desta quantidade, depois de adicionada na terra, encontra seu caminho final em rios e lagos. O aumento da concentração de nitrogênio em rios e lagos contribui para o chamado processo de eutrofização. Outro impacto no ciclo natural do nitrogênio é devido à perturbação de comunidades naturais através da fertilização. Muitas comunidades vegetais estão adaptadas às condições de pouca disponibilidade nutricional e o aumento desta, por fertilização, altera a composição florística destas comunidades. Outra perturbação do ciclo do nitrogênio envolve a chamada chuva ácida. Os óxidos de nitrogênio (NOx) resultantes da combustão de óleos e de processos industriais são em poucos dias convertidos em ácido nítrico na atmosfera. Este, juntamente com o NH3 contribui para a acidez da precipitação. Outro culpado pela chuva ácida é o ácido sulfúrico, discutido no ciclo do enxofre.

Figura 1.4. Ciclo do fósforo (Pinto-Coelho, 2000)

O CICLO DO FÓSFORO

O ciclo do fósforo parece ser mais simples que o ciclo do nitrogênio, porque o fósforo ocorre em poucas formas químicas. Conforme mostrado na Figura 1.4, o fósforo tende a circular quando os compostos orgânicos desintegram-se em fosfato.

É um ciclo tipicamente sedimentar (Figura 1.4). O fósforo inorgânico é absorvido pelos vegetais sob a forma de ortofosfato (PO43-). Na maioria dos ecossistemas, as quantidades disponíveis de ortofosfato são

muito baixas. Deste modo, mecanismos que contribuem para aumentar a taxa de circulação do fósforo entre o pool inorgânico e a biomassa são fundamentais. A determinação destas taxas é tão importante quanto a delimitação das quantidades presentes nos diversos compartimentos do ecossistema (pool inorgânico, biomassa vegetal, animal, detritos).

O grande reservatório de fósforo são as rochas e outros depósitos formados em idades geológicas passadas. Estes depósitos sofrem gradualmente erosão e liberam fosfatos para o ecossistema. Grande quantidade deste fosfato é perdida para o mar, onde uma parte se deposita nos sedimentos rasos e outra parte nos sedimentos profundos. Os mecanismos de devolução do fósforo ao ciclo podem não compensar as perdas. As aves marinhas, aparentemente, desempenham um papel importante na devolução do fósforo para o ciclo, como por exemplo, os grandes depósitos de guano na costa do Peru.

Infelizmente as atividades humanas parecem acelerar a perda de fósforo e assim tornar menos "cíclico" o ciclo do fósforo. Além disso, a mineração e o processamento do fosfato para a fabricação de fertilizantes criam problemas graves de poluição local. O excesso de fosfato dissolvido na água doce é hoje uma das grandes preocupações, resultante do volume crescente de efluentes urbano-industriais e agrícolas. O fósforo tem uma grande importância para o futuro, porque, de todos os micronutrientes, o fósforo é um dos mais escassos.

PERTURBAÇÕES DO CICLO DO FÓSFORO

Os principais estoques de fósforo estão na água do solo, rios, lagos e oceanos, além de rochas e sedimentos marinhos. As atividades humanas afetam o ciclo do fósforo de várias maneiras. A pesca marinha transfere cerca de 50 x 106 toneladas de fósforo dos oceanos para o ambiente terrestre a cada ano. Mais de 13 x 106 toneladas de fósforo são dispersadas anualmente por terras agricultáveis na forma de fertilizantes, e de 2-3 x 106 toneladas são adicionadas a ambientes aquáticos e terrestres na forma de detergentes. Além disso, o desmatamento e muitas formas de cultivo da terra aumentam a erosão e contribuem para que grandes quantidades de fósforo artificial atinjam a água.

O aumento da entrada de fósforo em ambientes aquáticos leva ao processo chamado eutrofização que produz condições ideais para o aumento da produtividade do fitoplâncton (a comunidade de algas, produtores primários de ambientes aquáticos). Entretanto, este aumento de produtividade traz conseqüências negativas, já que turva a água, levando ao desaparecimento de plantas aquáticas e seus invertebrados associados. Isso culmina com a redução da quantidade de oxigênio na água (por redução da fotossíntese e decomposição da biomassa algal), que leva à mortandade de peixes e inver-

tebrados. O resultado da eutrofização é uma comunidade excessivamente produtiva, mas pouco diversa e com péssima aparência.

O CICLO DO ENXOFRE

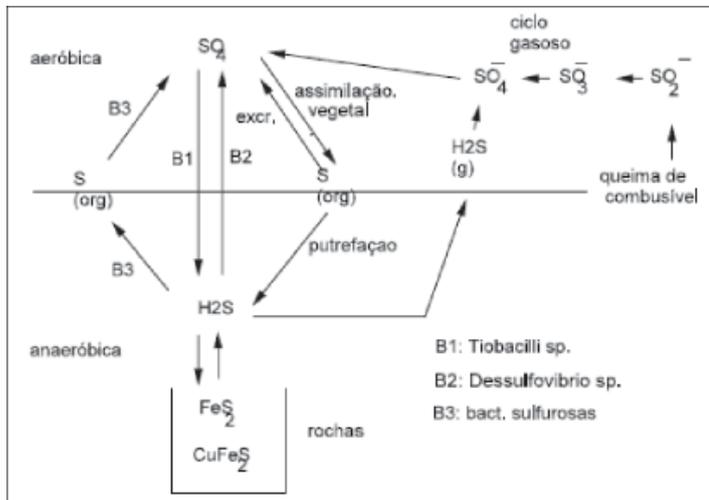



Figura 1.5. O ciclo do enxofre: relações entre o ar, a água e o solo.

O enxofre é um importante constituinte de alguns aminoácidos, como a cisteína e, portanto, não pode faltar na produção de proteínas. Em muitos seres vivos, moléculas com átomos desse elemento, atuam como coenzimas de reações químicas.

O enxofre apresenta um ciclo com dois reservatórios: um maior, nos sedimentos da crosta terrestre e outro menor, na atmosfera. Nos sedimentos, o enxofre permanece armazenado na forma de minerais de sulfato. Com a erosão, fica dissolvido na água do solo e assume a forma iônica de sulfato (SO4—); sendo assim, facilmente absorvido pelas raízes dos vegetais. Na atmosfera, o enxofre existe combinado com o oxigênio formando o SO2 (dióxido de enxofre). Outra parcela está na forma de anidrido sulfídrico (SO3). O gás sulfídrico (H2S) - característico pelo seu cheiro de "ovo podre"- tem vida curta na atmosfera, apenas de algumas horas, sendo logo transformado em SO2.

Esses óxidos de enxofre (SO2 e SO3) incorporam-se ao solo com as chuvas, sendo então transformado em íons de sulfato (SO4—). Podem, também, ser capturados diretamente pelas folhas das plantas, num processo chamado de adsorção, para serem usados na fabricação de aminoácidos. O único retorno natural do enxofre para a atmosfera é através da ação de decompositores que produzem o gás sulfídrico. As sulfobactérias realizam o processo inverso, com uma forma de obtenção de energia para a quimiossíntese.

A contribuição das atividades vulcânicas para o acúmulo de enxofre na atmosfera é pouco significativa. Maior tem sido a introdução artificial e humana, por meio da atividade industrial. A queima de combustíveis fósseis que possuem enxofre em sua composição (3% no carvão e 0,05% no petróleo) produz SO2 e SO3, aumentando sua concentração na atmosfera das grandes cidades. Essa fonte é responsável por 80% da poluição por enxofre. Além de contribuir para a formação do smog - mistura de fumaça (smoke, no inglês) com neblina (fog) que surge durante as inversões térmicas -, ambos são fortemente irritantes para os olhos e pulmões.

Um diagrama completo do ciclo do enxofre está mostrado na Figura

1.5. Veja o reservatório deste elemento no solo e nos sedimentos e na atmosfera. Veja também o papel importante no pool de fluxo rápido (mostrado na "roda" central da figura) desempenhado por microrganismos especializados, em que cada um realiza uma oxidação ou redução específica. Veja a recuperação microbiana, a partir de sedimentos profundos. Veja a interação de processos geoquímicos e meteorológicos (erosão, precipitação, lixiviação) e processos biológicos (produção e decomposição). Atente para a interdependência do ar, da água e do solo na regulação do ciclo.

PERTURBAÇÕES NO CICLO DO ENXOFRE

No ciclo do fósforo vimos que a fase sedimentar é a mais importante, enquanto no ciclo do nitrogênio a fase atmosférica é de maior importância. No ciclo do enxofre, as fases sedimentar e atmosférica são de igual importância. Três processos naturais liberam enxofre para a atmosfera: a formação de aerossóis marinhos, a atividade vulcânica e a respiração de bactérias redutoras de sulfato.

A principal perturbação humana no ciclo do enxofre é a queima de combustíveis fósseis, já que o dióxido de enxofre (SO2) liberado para a atmosfera é oxidado e convertido em ácido sulfúrico, em gotas minúsculas (chuva ácida). A água em equilíbrio com o CO2 da atmosfera forma H2CO3 com um pH de aproximadamente 5.6. Entretanto, o pH da chuva ácida pode atingir valores de até 2.4, responsável pela extinção de peixes em muitos lagos.

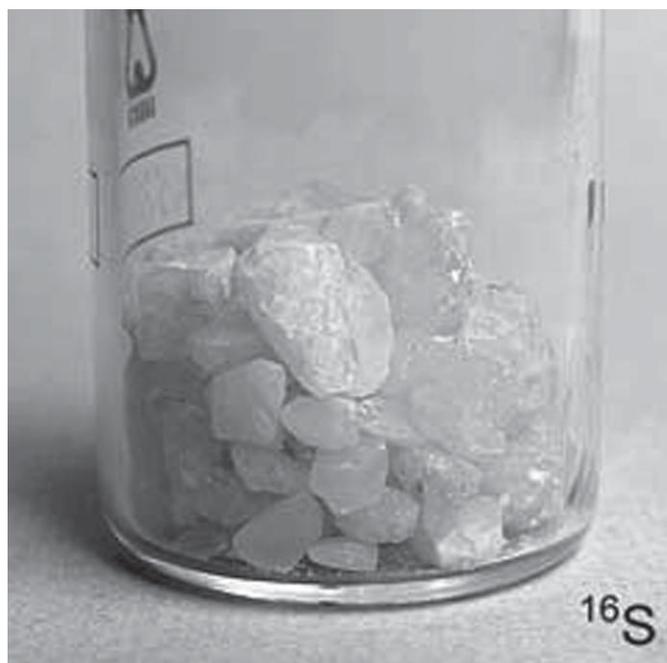
O vapor d'água ao se condensar para formar as nuvens, e depois às chuvas, dissolve várias substâncias e gases presentes na atmosfera fazendo uma autêntica "lavagem" do ar. A chuva, ao cair no solo carregando as substâncias "lavadas" da atmosfera, é ligeiramente ácida, com pH chegando até 5,7. A presença cada vez maior de poluentes atmosféricos tem tornado a água da chuva cada vez mais ácida, trazendo imensos prejuízos para a fauna e a flora.

O primeiro registro deste problema foi em 1886, observado na Escócia. São várias as substâncias responsáveis pela acidez da chuva. A principal é o ácido sulfúrico, mas também podem ser encontrados ácidos nítrico, nitroso e clorídrico. A primeira etapa da produção de ácido sulfúrico é acelerada pela presença de luz forte e NO2. A chuva ácida (quando possui pH inferior a 4,0) pode afetar a saúde humana contaminando as águas de reservatórios.

Os organismos mais sensíveis à chuva ácida são os animais aquáticos. Uma pequena redução no pH da água onde vivem pode causar inúmeras mortes e alterações profundas nos ecossistemas aquáticos. Não só os seres vivos são as vítimas da chuva ácida, mas também as obras de arte e monumentos arquitetônicos. O ácido sulfúrico dissolve tintas, amarelece os papeis dos livros e dissolve as rochas calcárias (como o mármore) usado

em construções. Catedrais na Europa, como a de Notre Dame de Rouen (França), que conseguiram sobreviver aos bombardeios e incêndios da Segunda Guerra Mundial estão, agora, com as fachadas escurecidas e suas estátuas ornamentais perdendo detalhes.

Algo equivalente acontece no Brasil. As termelétricas do Rio Grande do Sul produzem o enxofre que causa chuvas ácidas no Uruguai. E a poluição gerada em Cubatão e na Grande São Paulo aparece na acidez das chuvas que caem no litoral norte do estado (Ubatuba), apresentando pH de 2,8, surpreendentemente baixo se comparados com as das fontes poluidoras (entre 4,5 e 5,0).

Enxofre (Fonte: http://tabperio.do.sapo.pt).

Várias medidas - reunidas pela Inglaterra ao editar, em 1956, a "Lei do Ar Puro" - foram tomadas para reduzir a poluição atmosférica e acidez das chuvas. No Hemisfério Norte, onde é difundido o aquecimento doméstico, proíbe-se a queima de carvão natural em grelhas comuns e de resíduos de jardim em fogueiras. Procura-se, também, substituir o carvão por óleo diesel, com menos enxofre. As indústrias devem contribuir construindo chaminés mais altas (uma medida apenas paliativa), para que os ventos espalhem mais e diluam os poluentes e - o mais caro e importante - instalar desulforizadores; sistemas de filtros que retiram 90% do enxofre a ser emitido pela chaminé.

A poluição causada por veículos automotores pode ser reduzida pela adoção de gasolina com menor conteúdo de enxofre, pela instalação de conversores catalíticos no escapamento, que reduzem em 90% a emissão de óxidos de nitrogênio (já obrigatório nos EUA, Canadá e Japão), pela regulagem do motor ou pela substituição da gasolina pelo álcool. Veja http://paginas.terra.com.br/educacao/sariego/index.htm.

A CICLAGEM GLOBAL DO CARBONO

Em nível global o ciclo do dióxido de carbono e o ciclo hidrológico são provavelmente os dois mais importantes para a humanidade. São caracterizados por pools atmosféricos pequenos, porém muito ativos e vulneráveis às perturbações humanas, podendo mudar o tempo e climas locais.

O CICLO DO CARBONO

O ciclo do carbono tem uma renovação mais lenta e um tempo de residência maior do que o ciclo da água. A maior parte do carbono da biosfera encontra-se sob a forma de carbonatos dissolvidos na água dos mares profundos (Figura 1.6). Para se entender o funcionamento deste ciclo é necessário conhecer as principais vias nos oceanos. Além dos carbonatos dissolvidos, o carbono pode estar estocado em grandes quantidades nos sedimentos marinhos que formam os precursores do petróleo (querogênio). Existem ainda consideráveis quantidades de carbono orgânico (dissolvido COD) e particulado nas águas dos mares. Todo esse carbono é continuamente reciclado dentro da cadeia planctônica (fitoplâncton e zooplâncton) que o devolve ao compartimento inorgânico via respiração.

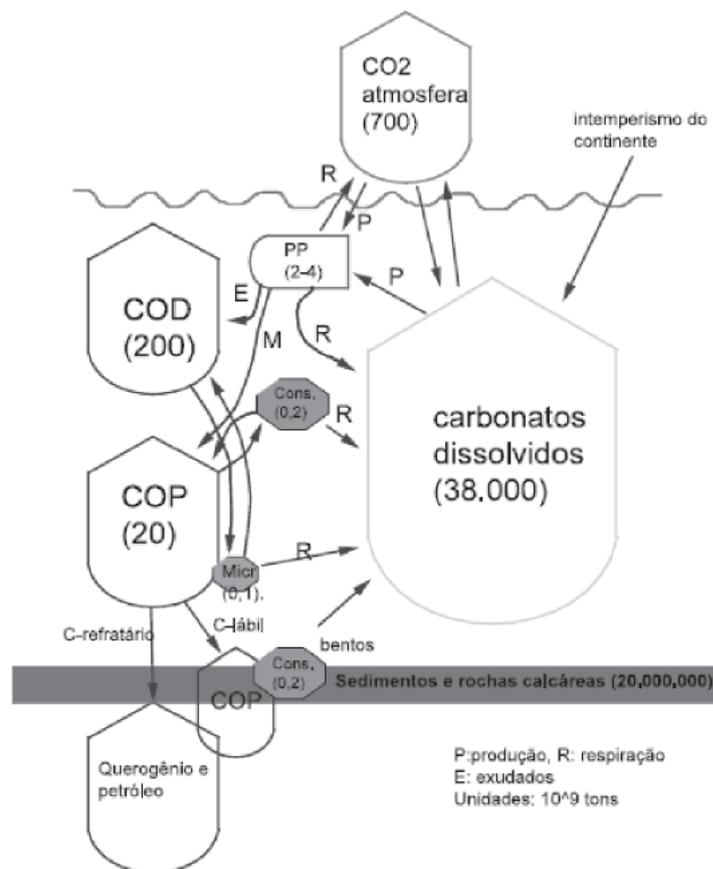



Figura 1.6. O ciclo do carbono nos oceanos.

No ciclo global do dióxido de carbono (Figura 1.7) o pool atmosférico é muito pequeno, comparado com o de carbono dos oceanos e de outros depósitos da crosta terrestre. Acredita-se que até o início do período industrial os fluxos entre atmosfera, continentes e oceanos estavam equilibrados. Porém, durante este último século o conteúdo de CO2 tem se elevado devido às atividades industriais, como mostram as linhas pontilhadas da figura. A queima de combustíveis fósseis é, ao que parece, a principal fonte de novas entradas, mas a agricultura e o desmatamento também contribuem.

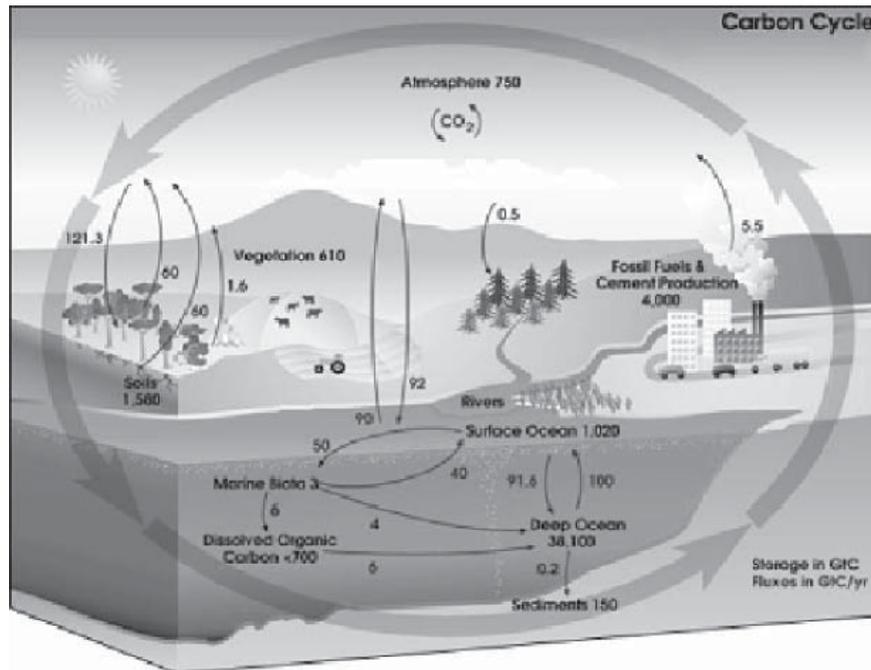



Figura 1.7. O ciclo do carbono: terrestre e nos oceanos.
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/55/Carbon_cycle-cute_diagram.jpeg

PERTURBAÇÕES DO CICLO DO CARBONO

A fotossíntese e a respiração são os dois processos opostos que dirigem o ciclo global do carbono. A respiração das plantas e animais libera o carbono acumulado nos produtos fotossintéticos de volta para os compartimentos atmosféricos e litosféricos.

O ciclo do carbono é um dos ciclos mais influenciados pelas atividades antrópicas. As principais formas dessa interferência são através da queima de matéria orgânica: combustíveis fósseis e queima de florestas (Figura 1.8).

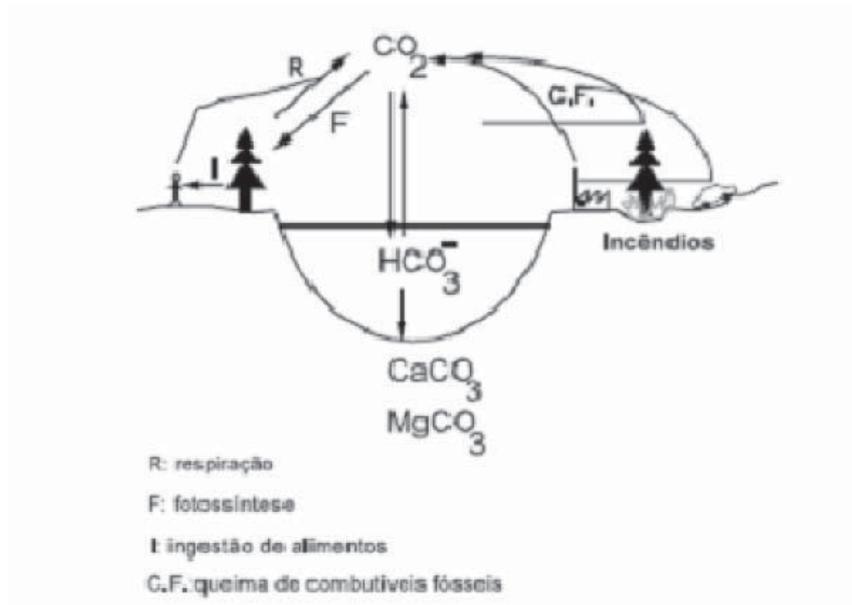



Figura 1.8. Interferências humanas no ciclo do carbono.

A concentração de CO2 na atmosfera tem aumentado de 280 partes por milhão (ppm) para 350 ppm, desde o século XVIII até hoje, e estes valores continuam a aumentar (Figura 1.9). A principal causa deste aumento é a queima de combustíveis fósseis. A exploração de florestas tropicais também causa uma liberação significativa de CO2 para a atmosfera. A queima, que normalmente se segue à clareira de florestas, rapidamente converte a vegetação em CO2. Aproximadamente 1.0 x 109 toneladas de CO2 por ano são liberadas para a atmosfera devido às mudanças no uso da terra em ambientes tropicais, principalmente no Brasil, Indonésia e Columbia (USA).

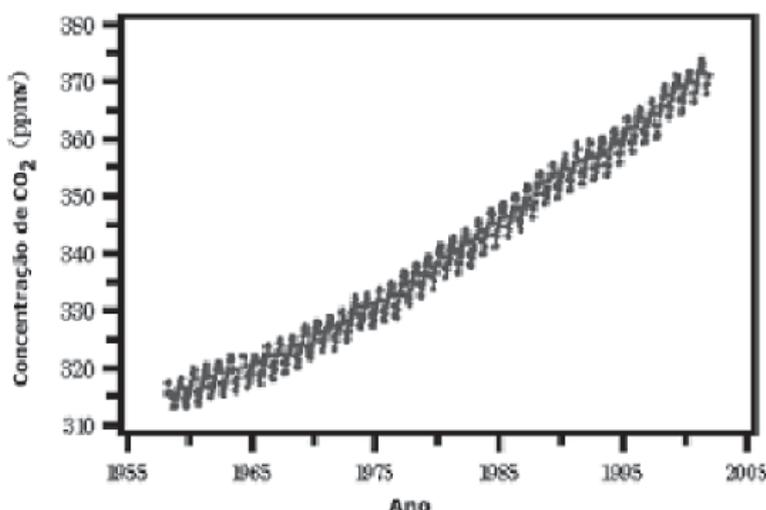



Figura 1.9. Concentração de CO2 atmosférico no observatório do Mauna Loa, Hawaii, mostrando o aumento deste devido à queima de combustíveis fósseis http://static.hsw.com.br/gif/global-warming10.gif.
Imagem cedida pela NOAA, Dave Keeling e Tim Whorf (Scripps Institution of Oceanography)

O EFEITO ESTUFA

Estimativas das emissões e concentração na atmosfera variam consideravelmente, mas o aumento na concentração de CO2 na atmosfera está causando um anormal aquecimento global da Terra conhecido como efeito estufa. Isto decorre porque a radiação solar incidente na atmosfera terrestre fica retida em vez de escapar. É esta energia aprisionada que aquece a atmosfera no chamado efeito estufa.

CONCLUSÃO

Os nutrientes circulam nos sistemas ecológicos e têm vários efeitos que podem ser intensificados pelas ações antrópicas. Com isso, há perda de recursos naturais, empobrecendo os ecossistemas e causando o desaparecimento de componentes bióticos e abióticos importantes para a manutenção destes. Veja no resumo os principais ciclos que falamos nesta aula.

Sistema ecológico (Fonte: http://vidaboa.wordprss.com).

RESUMO

	Papel na Biologia	Reservatório	Fontes	Escoadouros
Fósforo	É nutriente essencial para plantas e animais.	Faz ciclo em água (DOP e DIP), solo e sedimentos (adsorção por superfícies minerais) e tecido orgânico/material de húmus.	Encontradas em rochas sedimentares, ossos fossilizados. Desagregação de rochas de fosfato encontrada em formações de rocha terrestre e alguns sedimentos oceânicos	Assimilação de ortofosfato por plantas através das raízes, incorporação ao tecido da planta e tecidos heterotróficos. A decomposição devolve P à água e ao solo por mineralização microbial.
Nitrogênio	É componente essencial de proteínas, ácidos nucléicos e outros constituintes celulares.	79% da atmosfera é gás N_2. Dissolve em água percorrendo ar, água e tecido vivo.	Abiótica: raio. O desgaste de rochas é insignificante como fonte Biótica: fixação de nitrogênio por micróbios.	Na maioria dos sistemas terrestres e de água doce, N é um nutriente limitador, com eficiência de ciclo.
Enxofre		Atmosfera, água do mar, rochas sedimentares, plantas terrestres, matéria orgânica do solo	Intemperismos de rochas, borrifos de mar, respiração anaeróbica por bactérias e atividade vulcânica	Existe uma perda contínua de enxofre para os sedimentos oceânicos
Carbono	Importante para	Combustíveis	Plantas terrestres	Respiração

ATIVIDADES

1. Ilustrar as três maneiras em que o ciclo do nitrogênio está circulando: a) Entre os organismos e o ambiente, juntamente com os principais microrganismos; b) Esta nos processos básicos e as estimativas das grandezas dos fluxos principais; c) As etapas básicas numa série crescente-decrescente capaz de distinguir as etapas e as demandas e a liberação de energia. (Odum, 1988).

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Nesta atividade espera-se que seja visto a circulação e os fluxos da matéria, os tipos de microrganismos que são necessários para as trocas básicas entre os organismos e o ambiente.
O nitrogênio do protoplasma é decomposto, passando de uma forma orgânica para uma forma inorgânica, pela ação de uma série de bactérias decompositores. Verificar que parte desse nitrogênio se transforma em amônia e nitrato, as formas mais facilmente utilizadas pelas plantas verdes. Observar que a atmosfera, que contém 80% de nitrogênio, é o maior reservatório do Nitrogênio. O nitrogênio entra continuamente na atmosfera pela ação das bactérias desnitrificantes, e continuamente retorna ao ciclo pela ação das bactérias ou algas fixadoras de nitrogênio (biofixação).

2. Ilustrar os processos do ciclo: fixação, assimilação, nitrificação, desnitrificação, decomposição, lixiviação, escoamento, solução pela chuva etc.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

O ciclo mostra também algumas estimativas (números entre parênteses) de fluxos globais anuais, inclusive estimativos da grandeza dos dois fluxos diretamente relacionados à atividade humana: emissões na atmosfera e fixação industrial. As emissões na atmosfera são basicamente devido à utilização de fertilizantes em terras agrícolas.

3. Mostrar os componentes do ciclo do nitrogênio destacando a energia necessária para a operação do ciclo.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

As etapas, desde proteínas até os nitratos, fornecem energia para os organismos que realizam esta decomposição, enquanto que a transformação no sentido inverso requer energia de outras fontes, tais como a matéria orgânica ou a luz solar.

4. Pesquise as espécies de leguminosas de sua região e identifique a presença de Rizhobium e reconhecida como nódulos.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Na internet a venda das leguminosas Stylosanthes capitata e Stylosanthes macrocephala tem funcionado como forragem para o gado, assim como excelente coadjuvante na recuperação de solo degradados.

5. Pesquise sobre o ciclo do fósforo e justifique por que é um elemento raro quando comparado com o nitrogênio. (Odum & Barret, 2007).
6. Pesquise o papel das lixiviação do fósforo em ecossistemas tropicais e o seu papel no aumento da diversidade local. (Schubart, 1986).
7. Discuta por que as taxas metabólicas em ecossistemas eutróficos podem afetar a ciclagem do fósforo (Pinto-Coelho, 2000).
8. Avalie as principais vias de nutrientes e perturbações causadas pelo homem no ciclo do fósforo. (Begon, Townsend et Harper, 2006).
9. Qual a relação entre ciclo do enxofre e as inversões térmicas?
10. Quais as principais vias de nutrientes e perturbações causadas pelo homem no ciclo do enxofre. (Begon, 1996).
11. Quais são os maiores reservatórios e fluxos de C no meio ambiente?
12. Como as florestas temperadas respondem à elevação de CO_2 após 1 - 5 anos? E após 30 anos?
13. Quais os principais mecanismos de absorção de CO_2 pelos oceanos?

PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, veremos os elementos necessários para indentificar e classificar os tipos de ecossistemas da biosfera.

REFERÊNCIAS

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. Fundamentos de ecologia. [Cidade]: Thomson Learning/Pioneira, 2007.
PINTO-COELHO, R. M. Fundamentos em ecologia. Porto Alegre: Artmed, 2000.
RICKLEFS, R. E. A economia da natureza. [Cidade]: Guanabara Koogan, 2003.
TOWSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. Fundamentos em Ecologia. Porto Alegre: Artmed, 2006.